

「中東地域小学校理数科教育改善」研修員の教材研究とその取り組みの実際

Research Effort of Teaching Materials for Trainee of
‘Science & Mathematics Education Improvement for Middle East’

金 児 正 史

KANEKO Masafumi

東京女学館中学校・高等学校

Tokyo Jogakkan Girl's High School and Middle School

Abstract : From 2007 to 2009, Science & Mathematics Education Improvement for Middle East was held at Naruto University of Education in Tokushima. The trainee tried to improve teaching materials for science and mathematics classes there. These improvements of them are reported here. They had high motivation for improving science and mathematics teaching materials.

キーワード : 国際協力機構 (JICA), さおばかり, 食塩濃度計,
中東地域小学校理数科教育改善研修 (教育改善研修)

1. 中東地域小学校理数科教育改善の概要

中東地域小学校理数科教育改善研修 (以下教育改善研修) は 2007 年から鳴門教育大学, 国際協力機構の協力のもとで実施されてきた本邦研修である。研修場所は鳴門教育大学で, いずれも 6 週間の研修が実施された。研修内容は日本の教育制度の説明, 物理, 生物, 数学に関する講義, 各教科の教材研究, 指導案作成, 学校現場訪問, 教育委員会訪問などである。中東地域からの参加国はシリア, アフガニスタン, チュニジア, イエメン, イラン, イラク, エジプトである。研修員は 2008 年が 10 名, 2009 年が 12 名だった。

教育改善研修への参加国の理数科の学力水準にはばらつきがあり, 扱う教材の理解度で大きな違いを生じる場面もあった。その場合は休み時間を利用して補足説明した。私は 2008 年と 2009 年に教育改善研修に携わった。この教育改善研修では具体的な教材を作る活動を通して, 研修員とその教材を用いた授業構成や教材づくりで工夫すべき点について議論した。次章では実施した教材研究のうち 3 例を紹介する。

2. 教材研究の実際

教育改善研修では, 教材の理解を深めて授業の幅を広めるために教材を実際に作るとともに, その教材の背景にある科学的, 数学的な性質の分析もした。扱った教材はさおばかり, 食塩濃度計, 立方体の体積を合同な 3 つの四角錐に分解できる模型, ひし形 12 面体, 正四面体を 2 等分にする模型などである。このうち本稿ではさおばかりと食塩濃度計, 立方体の体積を合同な 3 つの四角錐に分解できる模型に関するそれぞれの教材づくりの実際と, 研修員との議論の様子を示す。

(1) さおばかりの教材化

さおばかりづくりは 2008 年, 2009 年とも扱った。さおばかりが中東諸国にもあるかどうか研修員に質問してみたところ, いずれの国にもあり, 現在も使われている国があった。中東諸国ではさおばかりが生徒に身近なので, 教材として導入しやすいといえる。さおばかりを作るときに必要な素材は, 均質の木材, または金属の 50 cm 程度の棒, ひも, 測りたいものをのせる皿やフック, 目盛をつけるのに利用するおもりである。これらの素材は研修員の各国で容易に手に入ることもわかった。

教育改善研修では研修員それぞれにさおばかりを

作ってもらった。図1は日本で実際に使われていたさおばかりの写真である。図1のさおばかりの写真を参考にして、支点と測る物をつるすフックや皿を固定するように指示した。ここで必ず出る質問は、棒の端からどのぐらいのところに支点を固定すればよいかというものである。支点は自分の思う場所に固定するように指示した。なお支点はしっかり固定するように伝えた。もし支点に固定したひもがゆるんでしまうと、さおばかりを作り直すことになってしまうからである。なお測る物をつるすフックや皿は、棒の一端に固定するように指示した。



図1. 江戸時代のさおばかり

図2はさおばかりづくりの説明シートである。

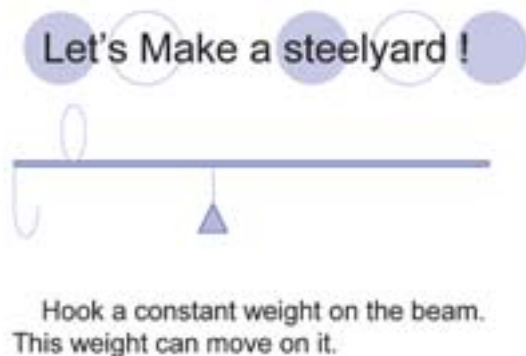


図2. さおばかりづくりの説明1

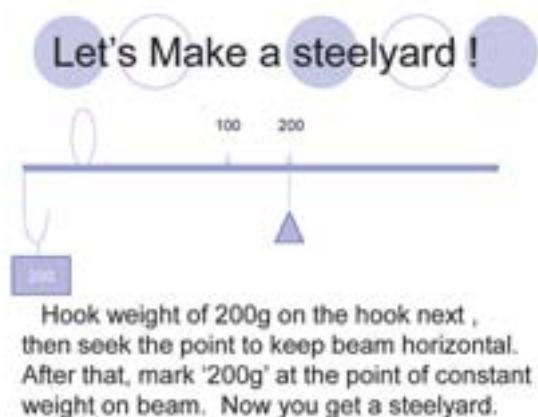


図3. さおばかりづくりの説明2

支点や測る物をつるすフック、皿が固定されたら、次はさおばかりに目盛りを書きこんでいく。教育改善研修では研修員全員に10 g, 50 gなどのおもりが十分なかったので、図3のような重さを単位とした目盛りが入れられなかった。

そこで図4のように、封筒の枚数を目盛りに書き込むことにした。



図4. さおばかりに目盛りを入れる

封筒の枚数の目盛りは、一定の重さのおもりをつけたひもを、支点に関してフックと反対側にかけ、さおが水平になるところを探す。そしておもりのあるところ（図4の矢印部分）のさおに封筒の枚数を書き込む。この作業を繰り返して、封筒が20枚、30枚、…の目盛りを書き込んでいくと図5のようになる。



図5. さおばかりの目盛り

いくつか目盛りを書き込むと、研修員たちはこれらの目盛りが等間隔になっていることに気づき始める。そこで、すで書きこまれた目盛りから、例えば15枚の封筒であればどこに目盛りがつくか予想するよう促した。研修員たちは、封筒15枚の目盛りは10枚と20枚の中点になると予想し、その上で15枚の封筒をフックにつけておもりが10枚と20枚の目盛りの中点になったときにさおが水平になるかどうか確かめ始めた。研修員は、予想した通りのところでさおが水平になることを確かめると、予想の正しさに喜ぶだけでなく、なぜこのようになるのか疑問を持ち始めた。

ここで研修員にはモーメントの原理の説明をした。

さおばかりの場合、図6における a と y は定数である。したがってフックにつける重さ x が2倍になれば支点からの長さ b も2倍になる。しかし実際には、図5の

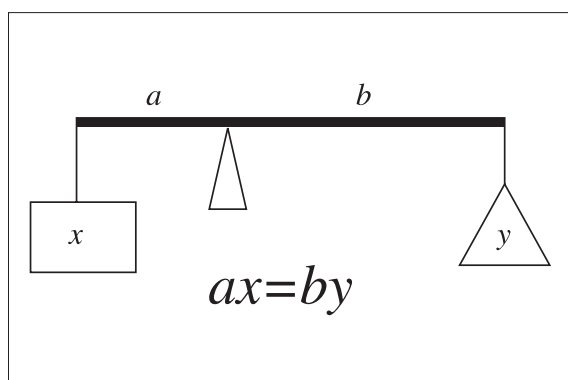


図6. モーメントの原理

目盛りを見るとわかるように、重さが2倍になっても支点からの距離は2倍にはならない。このことを考察するように研修員に促すと、モーメントの原理では、さおの重さを考慮していないことを指摘した。また、もしモーメントの原理が成り立つように支点を決めるのであれば、さおばかりのさおの一端にフックをつけた状態で、さおが水平になる点を支点とすることになることも理解した。しかしこのようなさおばかりを作ると、支点はさおの中点にかなり近くなる。目盛りをふるスペースが極端に少なくなってしまうので、測れる重さの範囲が狭くなり、有用なさおばかりにならないことも理解した。ここで図1の写真を再度示し、江戸時代のさおばかりのようにフックをつけた端を重くするような細工をすると、支点がフックにかなり近づけられることも話した。また、測る物をつるしていない状態のさおばかりの支点を持ったときにさおが水平になるように調整することも可能であることも伝えた。研修員は母国で理数科を担当される先生方で、しかもさおばかりが身近な道具なので、理解度は高かった。なお一般には、さおばかりの支点から目盛りまでの距離は測りたいものの重さの1次関数になる。生徒がさおばかりをつくる過程でこのことに気づきやすい点が教材としてのよさであることも伝えた。

ところでさおばかりを作る最初の段階で研修員からは支点の位置をどこにすればよいか質問が出た。実は支点の位置によって測れる重さの範囲も異なってくる。このことはそれぞれが作ったさおばかりを見比べるとよくわかることである。そこでそれぞれが作った様々なさおばかりの目盛りを観察して、その特徴をまとめるように促した。そして支点がさおの中央部に近いところにあるさおばかりだと測れる重さの範囲が小さいこと、支点がさおの端に近い場合は測れる重さの範囲が大きいこと、さおばかりとしては測れる範囲が広いほうがよいこと、などの意見が出された。この活動を通して、授業の導入時で生徒に支点の位置を指定しないでさおばかりをつくる意図は研修員に的確に伝えることができた。

(2) 食塩濃度計

市販されている食塩濃度計は浮ひょうと呼ばれ、太いガラス管におもりをつめてあり、首の部分は細いガラス管となっていてそこに目盛りが入っている。食塩濃度計はアルキメデスの原理にしたがっている。食塩水に浮ひょうを浮かべてつりあうとき、浮ひょうの質量は、食塩水の中にある部分の浮標の体積と食塩水の比重の積と等しくなる。食塩水の比重が高ければ浮ひょうはより浮き上がるし、比重が低ければより沈むことになる。自作する食塩濃度計の素材は、タピオカジュース用の太いストロー、おもり、カッター、はさみ、接着剤である。食塩濃度計づくりでむずかしいのはフロートづくりである。自作した食塩濃度計は図7のようにストローの一部を残し、それを頸部にした。

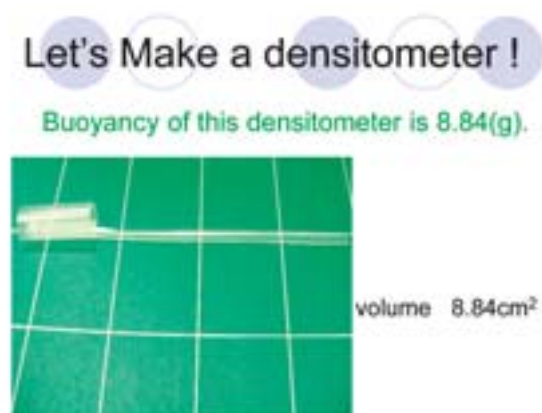


図7. 食塩濃度計のフロートづくり

食塩濃度計づくりではまずおもりを入れる部分のフロートの体積を求める必要がある。フロート部分が食塩水にすっかり入り込むとした場合、少なくともフロート部分の体積と水の比重1の積に等しい重さのおもりをフロート部分に入れなければならないからである。今回作った食塩濃度計のフロートの長さは5 cmにした。ストローの直径は1.5 cmなので、体積は

$$0.75^2 \times \pi \times 5 \div \pi \approx 8.84 \text{ (単位cm}^3\text{)}$$

となる。

一方フロートに入れるおもりは鉛製の板おもりを利用した。板おもりが入っていたケース(図8)には、その長さが4 mと示されていた。またこの板おもり全体の重さをはかると160 gだった。このことから、この板おもりの1 cmあたりの重さは

$$160 \div 400 = 0.4 \text{ (単位g)}$$

である。フロートに入れるおもりの重さは少なくとも8.84 gだから、おもりは

$$8.84 \div 0.4 = 22.1 \text{ (単位cm)}$$

の長さで切ればよい。

このように、フロートに入れるおもりの重さは、比例を利用して求めることができる。また浮ひょうに目



図 8. フロートに入れるおもり

盛りを書き込むためには数種類の濃度の食塩水を作ることが必要である。このときも、水と食塩の重さがそれぞれどのぐらいかを事前に計算で求めておく必要がある。このように、食塩濃度計づくりには様々な科学的、数学的な知識をふんだんに活用することが求められる。

食塩水濃度計の作成には、実際は多くの時間が必要である。研修員たちには浮ひょうの作るときの考え方を説明したうえで、筆者が事前に作っておいた浮ひょうを各研修員に渡した。なお数種類の食塩水はその場で作ってもらった。浮ひょうの頸部に目盛りを書き込む作業は、頸部が食塩水に濡れてしまうこともあって、正確に作業しづらい。多少の誤差が出てしまうが、それでも目盛りを書き込むうちに目盛りが等間隔になることを実感してもらえた。食塩濃度計づくりでは、アルキメデスの原理、おもりの重さを決定するときを利用した比例の考え方など、科学的、数学的な知識を活用する点で教材としての面白さを指摘する声が上がっていた。

(3) 柱体と錐体の体積比較の模型

同じ高さ、同じ底面積を持つ柱体の体積は、同じ高さで同じ底面積を持つ錐体の体積の3倍になることは数学的知識として知られている。これを実感する教材として図9のような四角錐を作ってもらった。



図 9. 立方体を3等分する四角錐

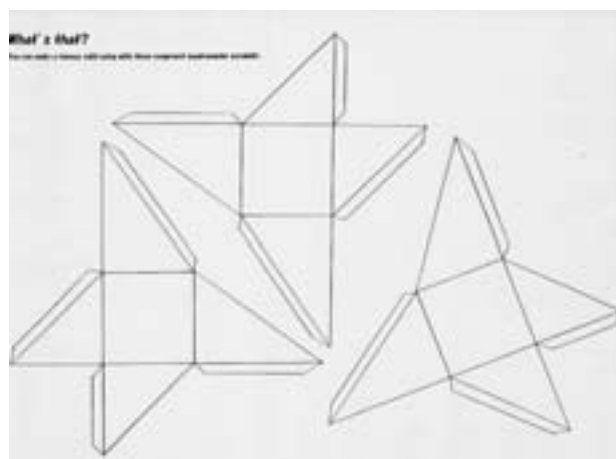


図 10. 印刷した四角錐の展開図

この教材を利用した授業では、最初に図10のような画用紙に印刷した展開図を渡し、そこから3つの四角錐を作った後、この3つの四角錐を組み上げて立方体を作ってもらった。3つの四角錐を組み合わせて立方体をつくるのは意外と考えさせられる。立方体に組み上げられた研修員は、底面積と高さが等しい柱体と錐体の体積の関係を生徒に伝えるのに有用な教材であることを納得していた。

次にこの四角錐の展開図を作図するように促した。この四角錐の底面は正方形であり、その高さは立方体の1辺の長さに等しい。この四角錐には立方体の1辺の長さ、正方形の対角線の長さ、立方体の対角線の長さが含まれているので、展開図を作るには場合、 $\sqrt{2}$ と $\sqrt{3}$ の作図が必要になる。これらの作図は日本では中学校3年の教科書に示されている(図11)。

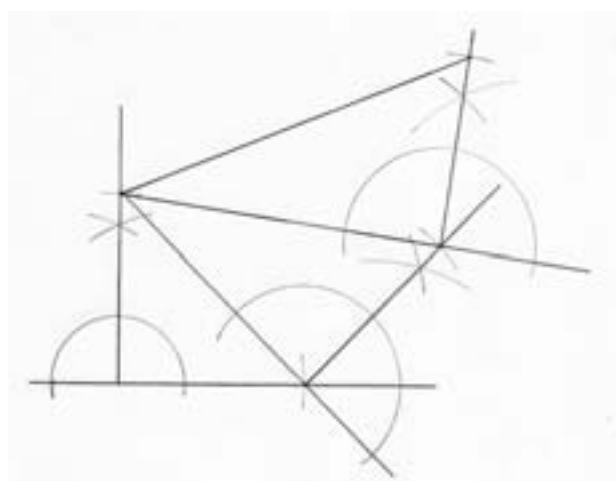


図 11. 無理数の長さの作図

無理数の長さの作図方法を知らないと展開図は作れないと考えがちであるが、実際には展開図の作図ができる。そのきっかけは、最初に配布した四角錐の展開図をじっくり観察することであり、構成されている図形やその特徴を読み解くのである。展開図には正方形が1つと2種類の直角二等辺三角形がそれぞれ2つあ

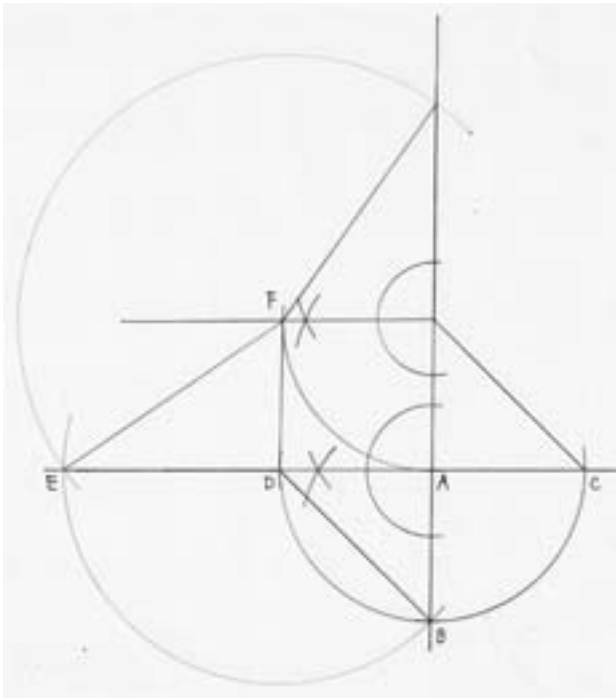


図 12. 図 8 の四角錐の作図

る。図 12 のように四角錐の作図をする場合、最初に正方形を作図する。

この作業は平角を二等分する作図を利用する。次に直角二等辺三角形の作図である。作図した正方形の辺を延長し、コンパスの針を点 A に固定して正方形の一边の長さをコンパスの半径にとる（点 B, C）。そして正方形の頂点と結ぶ。1, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$ の長さを持つ直角三角形も正方形の一边を延長し、先に作図した直角二等辺三角形の斜辺 BD をコンパスの半径にとって、辺の延

長線上との交点 E を求める。そして点 E と F を結ぶ。これで四角錐の作図は完成する。このように展開図の観察から、 $\sqrt{2}$ と $\sqrt{3}$ という無理数の長さの作図法を知らない生徒にも、この四角錐の作図はできる。いずれ無理数を学習するとき、この四角錐の展開図の作図を思い出させると、 $\sqrt{2}$ と $\sqrt{3}$ の長さの理解も深まることが多い。3 つの合同な錐体の体積の和が底面積と高さの等しい柱体の体積に等しいことを示すこの模型は、生徒には手にとって立体模型を考察できる点でもすぐれた教材であると研修員は納得していた。

3. 研修員の意欲的な学ぶ態度

教育改善研修に参加された研修員はそれぞれの母国の教育事情だけでなく、他の諸事情もそれぞれ異なっていた。そうした状況ではあったが、いずれの研修員も真剣に研修を受けられていた。それだけでなく、どの研修員も自国の教育を担うために頑張る、という強い意志と意欲を持っておられた。わからないことを解決する質問も活発に出され、研修員が自分の中でしっかり理解しようとする姿勢を数多く見ることができた。母国の教育を支えようとする強い心意気に、私は圧倒された。私は中東諸国から来日された研修員と、教材作りを中心に教材のよさを確認したり、これらの教材を用いた授業の展開の仕方について議論したが、この経験は私にとっても日本の教育事情を見直す大切な機会となった。